

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-259170

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 F 17/50

H 0 1 L 21/82

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 6 F 15/60

H 0 1 L 21/82

6 7 0

6 6 8 Z

C

W

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全5頁)

(21) 出願番号

特願平8-88830

(22) 出願日

平成8年(1996)3月18日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 奈良 秀之

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 佐藤 秀樹

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 大澤 伊作

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

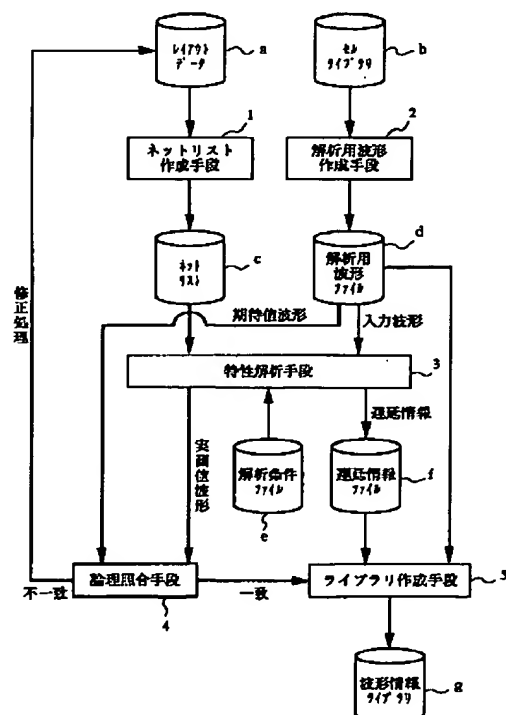
(74) 代理人 弁理士 志村 浩

(54) 【発明の名称】 集積回路用セルの波形情報ライブラリ作成装置

(57) 【要約】

【課題】 集積回路用セルの波形情報ライブラリを自動的に作成する。

【解決手段】 新たなセルについてのレイアウトデータ a を用意し、ネットリスト c を抽出する。このセルと同等の論理機能をもつ等価セルについての既存セルライブラリ b に基づいて、所定の入力波形に対する期待値波形を示す解析用波形ファイル d を作成する。特性解析手段 3 は、ネットリスト c で特性される回路に、解析用波形ファイル d 内の入力波形を与えたときの回路動作を、解析条件ファイル e の条件のもとにシミュレーションし、実測値波形と遅延情報ファイル f とを生成する。得られた実測値波形を期待値波形と比較し、両者一致の場合には、ライブラリ作成手段 5 によって、解析用波形ファイル d と遅延情報ファイル f とを合成して波形情報ライブラリ g を作成する。



Best Available Copy

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積回路用セルを構成する個々の図形に関する情報を含んだレイアウトデータに基づいて、このセルに関する入出力波形の情報および遅延時間の情報を示す波形情報ライブラリを作成する装置であって、前記レイアウトデータに基づいて、個々の回路構成要素の結合関係を示すネットリストを作成するネットリスト作成手段と、前記セルと同等の論理機能をもつ等価セルについての論理動作を記述したセルライブラリに基づいて、所定の入力波形とこの入力波形に対して前記セルから出力が期待される期待値波形とを有する解析用波形ファイルを作成する解析用波形作成手段と、前記ネットリストと、前記解析用波形ファイル内の入力波形と、所定の解析条件と、に基づいて、前記セルに前記入力波形を与えた場合の特性解析シミュレーションを行い、前記セルから出力される実測値波形と、前記入力波形に対する前記実測値波形の遅延情報と、を求める特性解析手段と、前記実測値波形と前記期待値波形との論理照合を行う論理照合手段と、前記論理照合手段の照合結果が一致を示すものであったときに、前記解析用波形ファイルに前記遅延情報を付加することにより、前記セルについての波形情報ライブラリを作成するライブラリ作成手段と、を備えることを特徴とする集積回路用セルの波形情報ライブラリ作成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、集積回路用セルの波形情報ライブラリ作成装置、特に、種々の条件における遅延情報を含んだ波形情報ライブラリを作成する装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】大規模集積回路を設計する場合、通常、多種類のセルを用意しておき、これらのセルを組み合わせることにより所望の集積回路を実現する方法が採られる。こうして、セルの組み合わせにより大規模集積回路の設計が完了したら、続いて、その回路動作の検証が行われ、問題点があれば設計変更が行われる。一般に、大規模集積回路の回路動作を検証する方法としては、ダイナミック解析法とスタティック解析法とが知られている。ダイナミック解析法は、設計した回路の物理的性質（各層の幅、厚み、不純物濃度など）に基づいて、実際の信号伝播過程をリアルタイムでシミュレーションする方法であり、SPICEなどの論理シミュレータを用いて行われる。一方、スタティック解析法は、各セルごとの論理動作と遅延時間とを特定する情報を波形情報ライブラリという形で用意し、この波形情報ライブラリのデータに基づいて集積回路全体の回路動作を検証する方法

である。スタティック解析法では、ダイナミック解析法に比べて、検証精度は多少低くなるが、コンピュータの演算負担は格段に軽減される。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述したスタティック解析法を行う場合、各セルごとに波形情報ライブラリを用意する必要がある。この波形情報ライブラリは、所定の入力波形をそのセルに与えたときに、どのような出力波形が得られるか、という入出力波形の関係を示す情報と、入力波形に対する出力波形の遅延時間を示す情報と、により構成されている。従来は、このような波形情報ライブラリを人手により作成していた。この波形情報ライブラリの作成作業は、非常に煩雑な作業であり、人手に頼ると作業効率も悪く、また不正確になるという問題があった。

【0004】そこで本発明は、集積回路用セルの波形情報ライブラリを自動的に作成することのできる装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、集積回路用セルを構成する個々の図形に関する情報を含んだレイアウトデータに基づいて、このセルに関する入出力波形の情報および遅延時間の情報を示す波形情報ライブラリを作成する装置において、レイアウトデータに基づいて、個々の回路構成要素の結合関係を示すネットリストを作成するネットリスト作成手段と、対象となるセルと同等の論理機能をもつ等価セルについての論理動作を記述したセルライブラリに基づいて、所定の入力波形とこの入力波形に対してセルから出力が期待される期待値波形とを有する解析用波形ファイルを作成する解析用波形作成手段と、ネットリストと、解析用波形ファイル内の入力波形と、所定の解析条件と、に基づいて、対象となるセルに特定の入力波形を与えた場合の特性解析シミュレーションを行い、セルから出力される実測値波形と、与えた入力波形に対する実測値波形の遅延情報と、を求める特性解析手段と、実測値波形と期待値波形との論理照合を行う論理照合手段と、論理照合手段の照合結果が一致を示すものであったときに、解析用波形ファイルに遅延情報を付加することにより、セルについての波形情報ライブラリを作成するライブラリ作成手段と、を設けるようにしたものである。

## 【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示する実施形態に基づいて説明する。図1は、一般的大規模集積回路10の構成を示す概念図である。図示のとおり、大規模集積回路10は、多数のセルから構成されている。個々のセルは、通常、標準のセルライブラリとして用意されている多種類のセルの中から選択され、大規模集積回路10全体として所望の論理処理を実行することができるように、各セル間にはそれぞれ配線（図示省略）がなさ

れる。

【0007】このような大規模集積回路10に対して、ダイナミック解析法による検証を行う場合には、各セルの物理的性質（各層の幅、厚み、不純物濃度など）に基づくリアルタイムのシミュレーションを行うことになる。すなわち、大規模集積回路10の入力端子に対して所定の入力信号を与え、この入力信号の波形が各セルを伝播してゆく間にどのように変化してゆくかをシミュレートし、最終的にどのような波形をもった出力信号が得られるかを求めることになる。これに対して、スタティック解析法による検証を行う場合には、各セルごとの波形情報ライブラリを用意し、このライブラリのデータに基づいて、信号が各セルを通過するごとの変遷を求めてゆくことになる。すなわち、セル内部で生じている個々の物理現象には触れずに、「各セルに対してどのような入力波形を与えると、どのような出力波形がどのような遅延時間をもって得られるか」ということを示す波形情報ライブラリ内のデータに基づいて、個々のセルをブラックボックスとして取扱い、大規模集積回路10全体としての回路動作を解析することになる。

【0008】たとえば、図2に示すセル11は、3つの入力信号A、B、Cに基づいて、1つの出力信号Dを出力する論理動作を行うものであるが、スタティック解析法を実施する上では、「入力信号A、B、Cとしてどのような入力波形を与えると、出力信号Dとしてはどのような期待値波形が得られるか」という情報と、「出力信号Dの入力信号A、B、Cに対する遅延時間はどうか」という情報と、をもった波形情報ライブラリを用意できればよい。図3は、このような波形情報ライブラリ内の情報を示す概念図である。図3(a)には、入力波形と期待値波形との関係を示す波形図が示されている。この図3(a)に示す波形図は、入力波形A、B、Cに対する期待値波形Dの遅延時間が零の場合を示しているが、実際には、期待値波形Dは所定の遅延時間をもって出力されるものであり、この遅延時間は種々の条件により変化するものである。遅延時間を決定する支配的な要因は、このセルの後段に接続される負荷容量である。この負荷容量と遅延時間との関係は、図3(b)に示すように、ほぼ線形関係をとるのが普通である。

【0009】結局、図1に示す大規模集積回路10について、スタティック解析法による検証を行うには、この回路を構成する個々のセルについて、図3に示すような波形情報ライブラリ（入力波形と期待値波形との関係を示す情報および遅延情報）を用意する必要がある。そこで、従来は、新たなセルを設計するたびに、そのセルについての波形情報ライブラリを手作業で用意していた。この作業は煩雑で、多大な労力と時間を費やすことは既に述べたとおりである。本発明に係る装置は、このような波形情報ライブラリを自動的に生成する機能を有する。

【0010】図4は、本発明に係る装置の基本構成を示すブロック図である。この図において、矩形のブロック1～5はこの装置を構成する個々の構成要素を示し、円筒状のブロックa～gは、各構成要素において取り扱われるデータを示す。この装置の基本構成要素は、所定のレイアウトデータaに基づいてネットリストcを作成するネットリスト作成手段1と、既存のセルライブラリbに基づいて解析用波形ファイルdを作成する解析用波形作成手段2と、ネットリストcと解析用波形ファイルd内の入力波形と解析条件ファイルeとに基づいて特性解析シミュレーションを行う特性解析手段3と、この特性解析手段3の解析結果として得られる実測値波形と解析用波形ファイルd内の期待値波形との論理照合を行う論理照合手段4と、その照合結果が一致した場合に解析用波形ファイルdに特性解析手段3の解析結果として得られる遅延情報ファイルfを付加して波形情報ライブラリgを作成するライブラリ作成手段5と、である。

【0011】ここでは、新たに設計された集積回路用セルについての波形情報ライブラリを、この装置で作成する場合の手順を以下に述べることにする。まず、新たに設計されたセルについてのレイアウトデータaを用意する。このレイアウトデータaは、セルを構成する個々の図形（配線層、半導体チャネル層、個々の電極層などの図形）の形状、位置、接続関係を示す図形データから構成されている。オペレータは、ネットリスト作成手段1によって、このレイアウトデータaから個々の回路構成要素の結合関係を示すネットリストcを作成する。このネットリスト作成手段1としては、いわゆるLPEツール(Layout Parameter Extraction Tool)として知られているネットリスト抽出ツールを用いればよい。

【0012】続いて、この新たに設計されたセルと同等の論理機能をもつ等価セルについての論理動作を記述したセルライブラリbを用意する。現状においては、新たなセルを設計した場合であっても、そのセルが全く新しい論理機能をもつことは極めてまれであり、通常は、同等の論理機能をもつ等価セルが既に過去に多数設計されているのが一般的である。別言すれば、現状において、新たなセルを設計する作業とは、全く新しい論理機能をもつセルを新規に開発する作業ではなく、既存のセルについて、更に省スペース化や省電力化を図るための改良を施す作業となるのが一般的である。このような改良を施したセルを新たに設計した場合には、既存の等価セルについてのセルライブラリbを用意することができる。具体的には、EDAツール(Electric Design Automation Tool)用のセルライブラリが過去の設計資産として多数用意されているので、このライブラリをそのまま利用すればよい。

【0013】次に、このセルライブラリbに基づいて、解析用波形作成手段2によって解析用波形ファイルdを作成する。この解析用波形ファイルdは、所定の入力波

形とこの入力波形に対してそのセルから出力が期待される期待値波形との関係を示す情報をもったファイルであり、たとえば、図3(a)に示すような入力波形と期待値波形との関係を示すファイルである。セルライブラリbには、そのセルに関する真理値表や論理記述が含まれており、解析用波形作成手段2は、この真理値表や論理記述に基づいて、解析用波形ファイルdを作成することができる。

【0014】こうして、ネットリストcと解析用波形ファイルdとが用意できたら、特性解析手段3において特性解析を行う。この特性解析手段3は、ダイナミック解析法に基づく回路シミュレーションを行う装置であり、たとえば、SPICEのような回路シミュレータによって構成される。このシミュレーションの諸条件（たとえば、後段に接続される負荷容量や温度条件など）を設定するために、解析条件ファイルeが用意される。結局、特性解析手段3は、ネットリストcによって特定される回路について、解析条件ファイルeで設定される条件のもとに、解析用波形ファイルd内の入力波形を与えた場合の回路動作のシミュレーションを実行することになる。その結果、このセルから出力される実測値波形とこの実測値波形に関する遅延情報とが得られる。たとえば、図2に示すセル11についてのシミュレーションが行われた場合には、図3(a)の波形Dに示すような実測値波形と、図3(b)に示すような遅延情報が得られることになる。

【0015】こうして得られた実測値波形は、論理照合手段4において、解析用波形ファイルd内の期待値波形と比較照合される。ネットリストcで表されるセル（すなわち、レイアウトデータaで特定されるセル）が、所期の目的どおりの論理動作を行えば、両波形は一致するはずであるが、セルの設計に無理があると、期待どおりの論理動作が行われず、両波形が不一致になることもある。論理照合手段4は、両波形が不一致の場合には、その旨をオペレータに報知する。オペレータは、この不一致の報知を受けた場合、その不一致の内容に基づいて、レイアウトデータaに対する修正処理を行うことになる。この場合、そのセルは設計自体が不完全なものであり、当然、波形情報ライブラリを作成する必要はなくなる。

【0016】論理照合手段4による照合の結果、両波形が一致すると、ライブラリ作成手段5は、解析用波形ファイルdに遅延情報ファイルfを付加することにより、波形情報ライブラリgを作成する。たとえば、図2に示すセル11の場合、図3(a)に示すような入力波形と期

待値波形との関係を示す情報と、図3(b)に示すような遅延情報とが、波形情報ライブラリgとして得られることになる。

【0017】このように、本発明に係る装置を用いれば、新たに設計したセルについての波形情報ライブラリを自動的に作成することができ、しかも、セルの論理動作が不完全なものであった場合には、その旨の報知が行われるため、設計に修正を加える処理を直ちに行うことができるようになる。こうして作成された波形情報ライブラリgは、このセルを用いて設計された大規模集積回路10についての高精度なスタティック解析を行う場合に利用することができ、また、この波形情報ライブラリgに基づいて、EDAツール用の新たなセルライブラリを作成することができるようになり、将来の設計資産として利用することが可能になる。

【0018】

【発明の効果】以上のとおり本発明によれば、集積回路用セルの波形情報ライブラリを自動的に作成することができるようになる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】一般的な大規模集積回路10の構成を示す概念図である。

【図2】図1に示す大規模集積回路10を構成するセルの一例を示す図である。

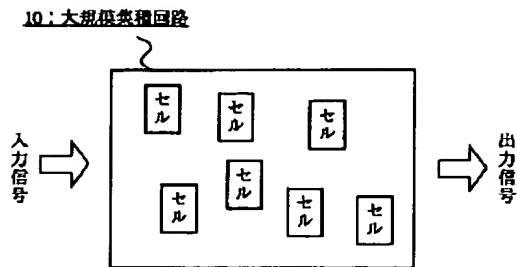
【図3】図2に示すセルについての波形情報ライブラリの情報を示す概念図である。

【図4】本発明に係る装置の基本構成を示すブロック図である。

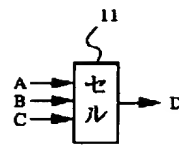
【符号の説明】

- 30 1…ネットリスト作成手段
- 2…解析用波形作成手段
- 3…特性解析手段
- 4…論理照合手段
- 5…ライブラリ作成手段
- 10…大規模集積回路
- 11…セル
- a…レイアウトデータ
- b…セルライブラリ
- c…ネットリスト
- 40 d…解析用波形ファイル
- e…解析条件ファイル
- f…遅延情報ファイル
- g…波形情報ライブラリ
- A～C…入力信号
- D…出力信号

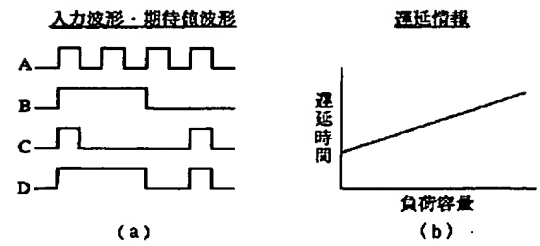
【図1】



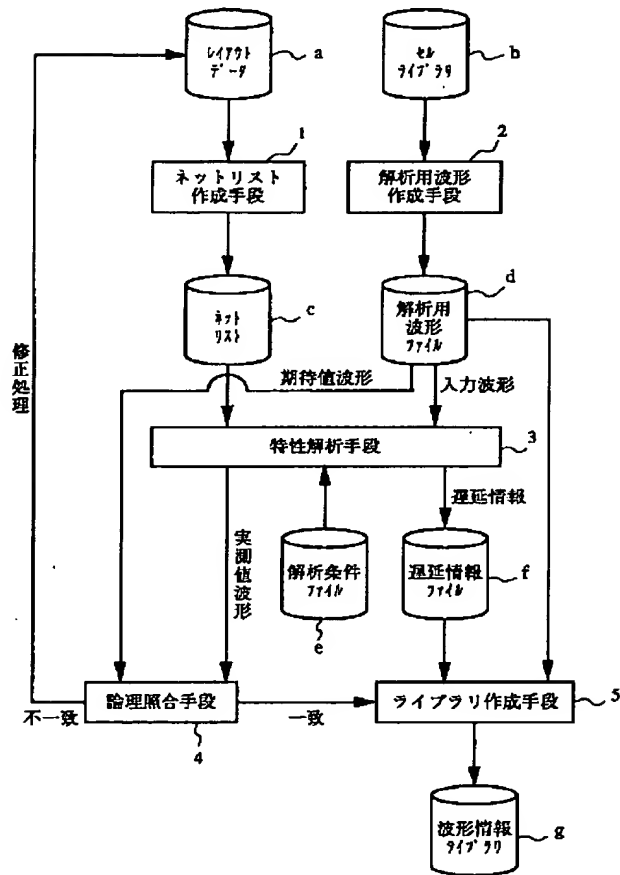
【図2】



【図3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**